

Wertdokument

Die Erfindung betrifft ein Wertdokument, das zur Erhöhung der Fälschungs-  
5 sicherheit mit lumineszierenden Substanzen versehen ist, sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Aus der Druckschrift WO 81/03508 ist ein Wertdokument mit Echtheits-  
merkmalen in Form lumineszierender Substanzen bekannt, die aus einem  
10 Luminophor und absorbierenden Substanzen bestehen. Dabei überlappt das Absorptionsspektrum der absorbierenden Substanzen teilweise das Anregungs- oder Emissionsspektrum des Luminophors und dämpft dieses damit in charakteristischer und messbarer Art und Weise. Dadurch genügt für eine Nachstellung des Echtheitsmerkmals eine Ermittlung des vorliegenden Lu-  
15 minophors nicht, da dessen Emission durch die absorbierenden Substanzen in charakteristischer Weise verändert wird.

Ausgehend von der bekannten Lösung liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine andere Möglichkeit zu nennen, mit der die Emission lumines-  
20 zierender Substanzen charakteristisch verändert werden kann, um einem Wertdokument eine hohe Fälschungssicherheit zu verleihen.

Die Aufgabe wird durch das Wertdokument mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Wert-  
25 dokuments ist Gegenstand des nebengeordneten Anspruchs. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß weist das Wertdokument zumindest ein Paar einander zugeordneter Lumineszenzstoffe mit einem ersten und einem zweiten Lumi-  
30 neszenzstoff auf, die in einem gemeinsamen, außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegenden Emissionsbereich emittieren. Dabei überlappen die

Emissionsspektren des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs in wenigstens einem Teilbereich des genannten Emissionsbereichs derart, dass das Emissionsspektrum des ersten Lumineszenzstoffs durch das Emissionsspektrum des zweiten Lumineszenzstoffs charakteristisch ergänzt wird, d. h. in dieser Form nicht durch Einzelstoffe imitiert werden kann.

Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass die Kombination zweier Lumineszenzstoffe mit einander ergänzend überlappenden Emissionsspektren eine hochwertige und hochsichere Veränderung ermöglicht, da eine spektrale Auflösung der einander ergänzenden Lumineszenzemissionen nur mit hohem technischen Aufwand gelingt. Bei der Messung des Emissionsverlaufs wird das Summensignal aller Lumineszenzemissionen im betrachteten Spektralbereich erfasst. Es ist sehr schwierig, auf der Grundlage dieses Summensignals auf die chemischen Komponenten der Lumineszenzstoffe rückzuschließen, da das Emissionverhalten der Lumineszenzstoffe sich nicht nur aus den Stoffeigenschaften, sondern auch aus den jeweiligen Mengenverhältnissen ergibt. Einem gemessenen Emissionsspektrum lassen sich daher lediglich dann einzelne Stoffe zuordnen, wenn zumindest einige der Lumineszenzpeaks unterschieden und einzelnen Stoffen eindeutig zugeordnet werden können. Bei sehr stark überlappenden Lumineszenzemissionen muss daher bei der Aufzeichnung und der Analyse des Emissionssignals ein sehr hoher Aufwand betrieben werden, um dem Summensignal einzelne Lumineszenzstoffe zuordnen zu können. Da handelsübliche Messsysteme diesen hohen Aufwand nicht betreiben, scheitern Nachstellungsversuche daran, dass der gemessene Emissionsverlauf nicht ohne weiteres mit handelsüblichen Lumineszenzstoffen nachgestellt werden kann. Sollte es gelingen, das mit handelsüblichen Messsystemen erfassbare Lumineszenzspektrum nachzustellen, so werden diese Fälschungsversuche bei der erfindungsgemäßen Auswertung und Analyse des Lumineszenzspektrums ein-

deutig erkannt, da sie sozusagen die Mikrostruktur des Emissionsverlaufs analysiert.

Da sich, wie nachfolgend näher ausgeführt, eine große Zahl von Lumineszenzstoffen angeben lässt, die eine überlappende Emission in geeigneten Spektralbereichen zeigen, ermöglicht die erfindungsgemäße Lösung eine Vielzahl möglicher Absicherungen und Codierungen. Neben der hohen Fälschungssicherheit wird so beim Auf- oder Einbringen codierter Informationen auf oder in ein Werdokument auch eine hohe Informationsdichte erreicht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung erstreckt sich der gemeinsame Emissionsbereich der beiden Lumineszenzstoffe von etwa 750 nm bis etwa 2500 nm, bevorzugt von etwa 800 nm bis etwa 2200 nm, besonders bevorzugt von etwa 1000 nm bis etwa 1700 nm. Liegt die relevante Lumineszenzemission eines Lumineszenzstoffs im Bereich oberhalb von etwa 1000 nm, so ist sie dem vergleichsweise einfachen Nachweis durch handelsübliche Infrarotdetektoren auf Siliziumbasis entzogen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der erste und/oder zweite Lumineszenzstoff auf Basis eines dotierten Wirtsgitters gebildet. Diese Lumineszenzstoffe können z.B. dadurch angeregt werden, dass direkt in die Absorptionsbanden der lumineszierenden Ionen eingestrahlt wird und diese sodann emittieren. In bevorzugten Varianten können auch absorbierende Wirtsgitter oder so genannte „Sensitizer“ eingesetzt werden, die die Anregungsstrahlung absorbieren und auf das lumineszierende Ion übertragen, das dann selbst mit seinen charakteristischen Wellenlängen emittiert. Es versteht sich, dass die Wirtsgitter und/oder die Dotierstoffe für die beiden Lumineszenz-

stoffe verschieden sein können, um unterschiedliche Anregungs- und/oder Emissionsbereiche zu erhalten.

In einer bevorzugten Ausgestaltung absorbiert das Wirtsgitter im sichtbaren Spektralbereich und gegebenenfalls zusätzlich im nahen Infrarotbereich bis zu etwa 1,1  $\mu\text{m}$ . Die Anregung kann dann über Lichtquellen, wie Halogenlampen, Blitzlampen, LEDs, Laser oder Xenonbogenlampen, mit hoher Effektivität erfolgen, so dass nur geringe Stoffmengen des Lumineszenzstoffs erforderlich sind. Dadurch ist beispielsweise eine Aufbringung der Lumineszenzstoffe auf das Wertdokument mit üblichen Druckverfahren möglich.

Auch erschwert die geringe Stoffmenge den Nachweis der eingesetzten Substanz für potentielle Fälscher. Absorbiert das Wirtsgitter im nahen Infrarot bis zu etwa 1100 nm, so können leicht nachweisbare Emissionslinien der Dotierstoffionen unterdrückt werden, so dass nur die aufwändiger zu detektierende Emission bei größeren Wellenlängen verbleibt.

In einer alternativen bevorzugten Ausgestaltung werden Lumineszenzstoffe verwendet, die selbst im sichtbaren Spektralbereich, bevorzugt über den größten Teil des sichtbaren Spektralbereichs, besonders bevorzugt bis in den nahen Infrarotbereich hinein absorbieren. Auch dann werden Emissionen in diesen leichter zugänglichen Spektralbereichen unterdrückt.

In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Wertdokuments ist der erste und/oder zweite Lumineszenzstoff ein Lumineszenzstoff auf Basis eines mit Seltenerdelementen dotierten Wirtsgitters. Als Dotierstoffe kommen dabei insbesondere Neodym, Erbium, Holmium, Thulium, Ytterbium, Praseodym, Dysprosium oder eine Kombination dieser Elemente infrage.

Nach einer anderen vorteilhaften Variante ist der erste und/oder zweite Lumineszenzstoff ein Lumineszenzstoff auf Basis eines mit einem Chromophor dotierten Wirtsgitters, wobei der Chromophor aus der Gruppe Scandium, Titan, Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen, Cobalt, Nickel, Kupfer und  
5 Zink ausgewählt ist. Auch die in der WO 02/070279 genannten Dotierstoffe und Wirtsgitter sind für den Einsatz als Lumineszenzstoffe in erfindungsgemäßen Wertdokumenten geeignet.

Zumindest eines der Wirtsgitter kann mit mehreren Chromophoren dotiert  
10 sein. Es versteht sich, dass die beiden Varianten kombiniert werden können, dass also einer der Lumineszenzstoffe auf Basis eines seltenerd-dotierten Wirtsgitters, der andere Lumineszenzstoff auf Basis eines Wirtsgitters mit einem Chromophor gebildet ist.

15 Das Wirtsgitter kann beispielsweise eine Perovskitstruktur oder eine Granatstruktur aufweisen. Zumindest eines der Wirtsgitter kann auch durch einen Mischkristall gebildet sein. Weitere mögliche Ausgestaltungen der Wirtsgitter und der Dotierstoffe sind in der EP-B-0 052 624 oder der EP-B-0 053 124 aufgeführt, deren Offenbarungen insoweit in die vorliegende  
20 Anmeldung aufgenommen werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wertdokuments sind der erste und zweite Lumineszenzstoff auf Basis unterschiedlicher Wirtsgitter gebildet, die ein verschieden starkes Kristallfeld aufweisen  
25 und die jeweils mit demselben Dotierstoff dotiert sind. Durch den Einfluss des Kristallfelds am Ort des Dotierstoffs werden dessen elektronische Niveaus gegenüber dem ungestörten Zustand verschoben. Da die Größe der Verschiebung für die verschiedenen Niveaus variiert, ergeben sich, abhängig von Stärke und Symmetrie des Kristallfelds, Verschiebungen in den energie-



tischen Abständen der elektronischen Niveaus und damit auch in der Lage der Emissionslinien. Wird für den ersten und zweiten Lumineszenzstoff derselbe Dotierstoff gewählt, so können durch geeignete Wahl von Wirtsgittern mit verschieden starkem Kristallfeld kontrolliert kleine Verschiebungen der  
5 zugehörigen Emissionslinien gegenüber der ungestörten Emission eingestellt werden.

Der genannte Teilbereich, in dem sich die Lumineszenzspektren des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs ergänzend überlappen, weist vorzugsweise  
10 eine Breite von 200 nm oder weniger, bevorzugt von 100 nm oder weniger auf. In einer bevorzugten Ausgestaltung erstreckt sich der Teilbereich von etwa 850 nm bis etwa 970 nm. In anderen, ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltungen erstreckt sich der Teilbereich von etwa 920 nm bis etwa 1060 nm, oder von etwa 1040 nm bis etwa 1140 nm, oder von etwa 1100 nm bis etwa  
15 1400 nm, bevorzugt von etwa 1100 nm bis etwa 1250 nm, besonders bevorzugt von etwa 1120 nm bis etwa 1220 nm, oder von etwa 1300 nm bis etwa 1500 nm, oder von etwa 1400 nm bis etwa 1700 nm.

Der erste und der zweite Lumineszenzstoff weisen in dem genannten Teilbereich vorzugsweise jeweils wenigstens eine Emissionslinie auf, deren Positionen einen Abstand von etwa 50 nm oder weniger, bevorzugt von etwa  
20 30 nm oder weniger, besonders bevorzugt von etwa 20 nm oder weniger, ganz besonders bevorzugt von etwa 10 nm oder weniger aufweisen. Ein derart geringer Abstand der Emissionslinien erschwert den Nachweis, dass zwei  
25 unterschiedliche Lumineszenzstoffe vorliegen, beträchtlich. In bevorzugten Ausgestaltungen sind die Emissionslinien schmalbandig und weisen insbesondere eine Halbwertsbreite von etwa 50 nm oder weniger, bevorzugt von etwa 30 nm oder weniger, besonders bevorzugt von etwa 20 nm oder weniger, ganz besonders bevorzugt von etwa 10 nm oder weniger auf.

Nach einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung enthält die Co-  
dierung einen weiteren Lumineszenzstoff, der zumindest eine Emissionslinie  
außerhalb des genannten Teilbereichs aufweist. Die Emissionslinie liegt da-  
bei vorzugsweise außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs, insbesondere  
5 im infraroten Spektralbereich oberhalb von 1100 nm. Unter „infraroter  
Spektralbereich“ wird erfindungsgemäß der Wellenlängenbereich ab 750 nm  
und größer, vorzugsweise 800 nm und größer verstanden.

Das Werdokument kann auch mehrere Paare einander zugeordneter Lumi-  
10 neszenzstoffe enthalten, die jeweils wie beschrieben gebildet sein können.  
Die Lumineszenzstoffpaare sind dabei vorzugsweise so aufeinander abge-  
stimmt, dass die Teilbereiche, in denen sich die Emissionsspektren der bei-  
den Lumineszenzstoffe ergänzend überlappen, für verschiedene Paare ver-  
schieden sind.

15  
Zumindest einer der Lumineszenzstoffe kann mit auf das Werdokument  
aufgedruckt sein. Dabei können auch mehrere der Lumineszenzstoffe, bei-  
spielsweise ein einander zugeordnetes Lumineszenzstoffpaar, in einer  
Druckfarbe gemeinsam auf das Werdokument aufgedruckt sein. Die hierfür  
20 verwendeten Druckfarben können transparent sein oder zusätzliche Farb-  
pigmente enthalten, die den Nachweis der Merkmalsstoffe nicht beeinträch-  
tigen dürfen. Im Falle der Lumineszenzstoffe weisen sie bevorzugt im Anre-  
gungs- und betrachteten Emissionsbereich der Lumineszenzstoffe transpa-  
rente Bereiche auf.

25  
Das Werdokument umfasst vorzugsweise ein Substrat, das durch ein be-  
drucktes oder unbedrucktes Baumwollfaser, ein Baumwoll-/Synthese-  
faserpapier, ein cellulosehaltiges Papier oder eine beschichtete, bedruckte

oder unbedruckte Kunststofffolie gebildet ist. Auch ein laminiertes mehrschichtiges Substrat kommt in Betracht.

Bei den erfindungsgemäßen Werdokumenten handelt es sich vorzugsweise um Banknoten, Aktien, Kreditkarten, Ausweis- oder Identitätskarten, Pässe beliebiger Art, Visa, Wertgutscheine etc.

Einer oder mehrere der Lumineszenzstoffe können auch in das Volumen des Werdokuments, insbesondere des Werdokumentsubstrats, eingebracht sein. Das Einbringen der Lumineszenzstoffe in das Volumen eines Papiersubstrats kann beispielsweise nach einem Verfahren erfolgen, wie es in den Druckschriften EP-A-0 659 935 und DE 101 20 818 beschrieben ist. Die Offenbarungen der genannten Druckschriften werden insoweit in die vorliegende Anmeldung einbezogen.

Abgesehen von der Möglichkeit, „völlig neue Emissionsspektren“ herstellen zu können, bietet die Erfindung auch die Möglichkeit, über die Zahl der verwendeten Lumineszenzstoffe Codierungen zu erzeugen, die ebenfalls nur schwer nachzuahmen und damit zu fälschen sind. Werden beispielsweise zwei Lumineszenzstoffe verwendet, die sich gemäß der Erfindung in einem Teilbereich des Spektrums überlappen, so lassen sich über die An- bzw. Abwesenheit der einzelnen Lumineszenzstoffe wenigstens drei Codierungen erzeugen. Vorzugsweise werden allerdings mehrere sich in einem Teilbereich des Spektrums ergänzende Lumineszenzstoffe oder mehrere Gruppen von Lumineszenzstoffen, deren Lumineszenzemission sich in unterschiedlichen Teilbereichen des Spektrums erfindungsgemäß ergänzen, verwendet, um derartige Codierungen zu bilden.



Eine weitere Variante zur Erzeugung von Codierungen besteht darin, das Paar oder die Paare einander zugeordneter Lumineszenzstoffe in geometrisch angeordneten Bereichen auf oder in dem WERTDOKUMENT vorzusehen. Auch ein einziger Bereich kann eine Codierung darstellen. Beispielsweise  
5 kann die Codierung dann darin bestehen, dass ein bestimmtes Lumineszenzstoffpaar aus einer Anzahl möglicher Paare in diesem Bereich des WERTDOKUMENTS vorliegt.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung stellt die Codierung eine Information  
10 über das WERTDOKUMENT dar, wobei die Information verschlüsselt oder unverschlüsselt vorliegt. Beispielsweise kann die Denomination einer Banknote in einem einzigen Feld der Note codiert sein, wenn dort je nach Denomination ein vorbestimmtes Lumineszenzstoffpaar vorgesehen ist.

15 Durch Variationen und Kombinationen der verschiedenen Dotierstoffe und Wirtsgitter lassen sich eine Vielzahl von Lumineszenzstoffpaaren erzeugen, deren für die Codierung relevante Emissionslinien sich jeweils in unterschiedlichen spektralen Teilbereichen ergänzend überlappen. Dadurch können sehr kompakte Codierungen gebildet werden, die bei hoher Informationsdichte nur wenig Raum auf dem WERTDOKUMENT einnehmen.  
20

Bei der Herstellung des beschriebenen WERTDOKUMENTS kann zumindest einer der Lumineszenzstoffe dem WERTDOKUMENT bereits bei der Papierherstellung zugesetzt werden. Alternativ oder zusätzlich kann zumindest einer  
25 der Lumineszenzstoffe einer Druckfarbe zugesetzt und mit der Druckfarbe auf das WERTDOKUMENT aufgebracht werden. Als Druckverfahren können beispielsweise Tiefdruck-, Siebdruck-, Hochdruck-, Flexodruck-, Tintenstrahl-, Digital-, Transfer- oder Offsetdruckverfahren zum Einsatz kommen.

- 10 -

Auch kann zumindest einer der Lumineszenzstoffe durch einen Beschichtungsprozess auf das Werdokument aufgebracht werden.

5 Nach einer anderen Variante wird zumindest einer der Lumineszenzstoffe dem Werdokument durch entsprechend präparierte Melierfasern bei der Papierherstellung zugeführt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass zumindest einer der Lumineszenzstoffe durch einen entsprechend präparierten Sicherheitsfaden oder Sicherheitsstreifen bei der Papierherstellung zugeführt wird. Auch ein entsprechend präpariertes selbsttragendes Trans-  
10 ferelement, wie ein Patch oder Etikett, das auf das Werdokument aufgebracht, insbesondere aufgeklebt wird, kann der Aufbringung zumindest eines der Lumineszenzstoffe dienen.

15 Die einander zugeordneten Lumineszenzstoffe eines Paares werden vorzugsweise mit demselben Verfahren dem Werdokument zugeführt, um nicht eine Analyse durch eine räumliche Trennung der zugeordneten Lumineszenzstoffe zu erleichtern. Verschiedene Lumineszenzstoffpaare können jedoch mit verschiedenen Verfahren zugeführt werden. Beispielsweise kann ein erstes Lumineszenzstoffpaar bei der Papierherstellung in das Papiersub-  
20 strat einer Banknote eingebracht und ein zweites Lumineszenzstoffpaar auf die Banknote aufgedruckt werden. Ein Transferelement, wie ein Hologrammpatch, kann mit einem dritten Lumineszenzstoffpaar versehen und als weiteres Sicherheitsmerkmal auf die Banknote aufgeklebt sein.

25 Ein weiteres Ausführungsbeispiel sowie Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand der Fig. erläutert. Zur besseren Anschaulichkeit wird in den Fig. auf eine maßstabs- und proportionsgetreue Darstellung verzichtet.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Banknote mit einer Codierung nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

5 Fig. 2 einen Schnitt durch die Banknote von Fig. 1 entlang der Linie II-II, und

Fig. 3 schematische Emissionsverläufe verschiedener Lumineszenzstoffe, wie sie bei der Codierung der Fig. 1 und 2 eingesetzt werden können.

10

Die Erfindung wird nun am Beispiel einer Banknote erläutert. Zunächst zeigen die Fig. 1 und 2 eine schematische Darstellung einer Banknote 10, bei der eine Codierung 11 auf das Papiersubstrat 20 der Banknote aufgedruckt ist. Fig. 1 zeigt die Banknote 10 in Aufsicht und Fig. 2 einen Querschnitt entlang der Linie II-II der Fig. 1.

15

Wie am besten in Fig. 2 zu erkennen, enthält die Codierung 11 zwei Paare einander zugeordneter Lumineszenzstoffe 12, 13, bzw. 14, 15. Die Lumineszenzstoffe 12-15 zeigen nach Anregung Emissionen im infraroten Spektralbereich zwischen 1000 und 1500 nm, wobei sich die Emissionsspektren zweier einander zugeordneter Lumineszenzstoffe in einem bestimmten Teilbereich dieses Spektralbereichs ergänzend überlappen, wie nachfolgend genauer beschrieben.

20

25 Durch die Anordnung von Bereichen 16 mit dem ersten Lumineszenzstoffpaar 12, 13, Bereichen 17 mit dem zweiten Lumineszenzstoffpaar 14, 15 und Bereichen 18 ohne Lumineszenzstoffe entlang eines vorgegebenen geometrischen Musters, lässt sich eine beliebige Information, beispielsweise die De-

nomination und Währung der Banknote 10 oder eine Seriennummer in der Codierung 11 ablegen.

Mit der gezeigten Codierung kann beispielsweise ein Ternär-  
code dargestellt werden, bei dem der Zustand „0“ durch einen Bereich ohne Lumineszenz-  
stoffe, der Zustand „1“ durch einen Bereich mit dem ersten Lumineszenz-  
stoffpaar 12, 13 und der Zustand „2“ durch einen Bereich mit dem zweiten  
Lumineszenzstoffpaar 14, 15 repräsentiert wird. Eine Messung der in Fig. 1  
gezeigten Codierung 11 mit einem geeigneten Detektor würde daher die ter-  
näre Codierung „12021102“ erkennen. Somit wird eine kompakte Codierung  
bereitgestellt, die eine hohe Fälschungssicherheit mit einer hohen Informati-  
onsdichte und geringem Flächenbedarf vereint.

Die Lumineszenzstoffe 12 und 13 sind jeweils auf Basis eines neodym-  
dotierten Wirtsgitters gebildet und weisen, wie im linken Bildteil der Fig. 3  
gezeigt, jeweils eine Emissionslinie im Bereich um 1064 nm auf. Die beiden  
Lumineszenzstoffe 12, 13 sind allerdings auf Basis unterschiedlicher Wirts-  
gitter ausgebildet, die am Ort des Neodymions ein unterschiedlich starkes  
Kristallfeld erzeugen.

Durch die Wechselwirkung zwischen dem Kristallfeld und den Neodym-  
ionen ergeben sich, wie oben erläutert, für beide Lumineszenzstoffe leicht  
gegen den ungestörten Wert verschobene Emissionslinien 22 bzw. 23. Im  
Ausführungsbeispiel liegt die Peakposition des Lumineszenzverlaufs 22 des  
ersten Lumineszenzstoffs 12 bei einer Wellenlänge von 1065 nm und die  
Peakposition des Lumineszenzverlaufs 23 des zweiten Lumineszenzstoffs 13  
bei etwa 1090 nm.

Wie in der Fig. 3 deutlich zu erkennen, überlappen die beiden Lumineszenzspektren 22, 23 einander im Teilbereich von etwa 1000 nm bis etwa 1150 nm derart, dass das Emissionsspektrum 22 des ersten Lumineszenzstoffs 12 durch das Emissionsspektrum 23 des zweiten Lumineszenzstoffs 13 ergänzt wird. Aufgrund des geringen Abstands der beiden Linien lässt sich das Vorhandensein der beiden Lumineszenzstoffe 12 und 13 ohne vorherige Kenntnis der eingesetzten Stoffe aus der einhüllenden Emissionskurve praktisch nicht erkennen, so dass die Codierung 11 eine hohe Fälschungssicherheit aufweist. Da das Spektrum durch verschiedene Matrizen erzeugt wird, in denen sich die Lumineszenzen in verschiedenen Kristallfeldern befinden, gibt es auch keine Matrizen, die für sich genommen das gleiche Emissionsspektrum zeigen.

Der mittlere Bildteil der Fig. 3 zeigt den Emissionsverlauf 24 und 25 der Lumineszenzstoffe 14 bzw. 15 des zweiten Lumineszenzstoffpaars in dem für sie relevanten Teilbereich bei Wellenlängen von 1150 bis 1250 nm. Die Lumineszenzstoffe 14, 15 sind im Ausführungsbeispiel jeweils auf Basis eines mit einem Chromophor dotierten Wirtsgitters gebildet, wobei der Chromophor aus der Gruppe Scandium, Titan, Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen, Cobalt, Nickel, Kupfer und Zink ausgewählt ist. Wie bei dem ersten Lumineszenzstoffpaar kann der Einhüllenden der Lumineszenzemissionen der beiden Lumineszenzstoffe 14, 15 die Art der eingesetzten Lumineszenzstoffe ohne weitere Informationen praktisch nicht entnommen werden.

Als weiteres Beispiel ist im rechten Bildteil der Fig. 3 die Lumineszenzemission der zuvor erwähnten Lumineszenzstoffe 12 und 13 bei einer Wellenlänge von etwa 1300 nm gezeigt. Auch dort ergeben sich nahe beieinander liegende, schmale Emissionslinien 32 bzw. 33, deren gemeinsame Lumineszenzemission nur mit hochauflösenden Detektoren getrennt werden kann.



Die Codierung 11 kann neben den beiden Lumineszenzstoffpaaren 12, 13 bzw. 14, 15 auch einen weiteren Lumineszenzstoff enthalten, der nach Anregung eine Emission bei einer Wellenlänge oberhalb von 1100 nm zeigt. Dessen Emissionswellenlänge ist dabei so abgestimmt, dass sie nicht in die  
5 Überlappungsbereiche des ersten oder zweiten Lumineszenzstoffpaars fällt. Die Anwesenheit oder Abwesenheit des weiteren Lumineszenzstoffs in bestimmten Bereichen kann ebenfalls zur Codierung eingesetzt werden und erhöht so die Zahl der Codierungsmöglichkeiten weiter.

10 Es versteht sich, dass durch den Einsatz des oben genannten weiteren Lumineszenzstoffs oder durch die Verwendung weiterer Lumineszenzstoffpaare der oben beschriebenen Art noch dichtere Codierungen möglich sind.

Ebenso ist es möglich, alle Lumineszenzstoffe in einer Schicht vorzusehen  
15 und die Codierung über die An- bzw. Abwesenheit einzelner Lumineszenzstoffe oder Lumineszenzstoffpaare zu erzeugen.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1.      Wertdokument, insbesondere Banknote, mit zumindest einem Paar  
einander zugeordneter Lumineszenzstoffe mit einem ersten und einem  
5      zweiten Lumineszenzstoff, die in einem gemeinsamen, außerhalb des sicht-  
baren Spektralbereichs liegenden Emissionsbereich emittieren, wobei die  
Emissionsspektren des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs in wenigstens  
einem Teilbereich des genannten Emissionsbereichs derart überlappen, dass  
das Emissionsspektrum des ersten Lumineszenzstoffs durch das Emissions-  
10     spektrum des zweiten Lumineszenzstoffs charakteristisch ergänzt wird.
2.      Wertdokument nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich  
der genannte Emissionsbereich von etwa 750 nm bis etwa 2500 nm, bevor-  
zugt von etwa 800 nm bis etwa 2200 nm, besonders bevorzugt von etwa 1000  
15     nm bis etwa 1700 nm erstreckt.
3.      Wertdokument nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
dass der erste und/oder zweite Lumineszenzstoff auf Basis eines dotierten  
Wirtsgitters gebildet ist.  
20
4.      Wertdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, da-  
durch gekennzeichnet, dass der erste und/oder zweite Lumineszenzstoff  
auf Basis eines mit Seltenerdelementen dotierten Wirtsgitters gebildet ist.
- 25     5.      Wertdokument nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das  
Wirtsgitter mit Neodym, Erbium, Holmium, Thulium, Ytterbium, Praseo-  
dym, Dysprosium oder einer Kombination dieser Elemente dotiert ist.

6.      Wertdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste und/oder zweite Lumineszenzstoff auf Basis eines mit einem Chromophor dotierten Wirtsgitters gebildet ist, wobei der Chromophor aus der Gruppe Scandium, Titan, Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen, Cobalt, Nickel, Kupfer und Zink ausgewählt ist.
7.      Wertdokument nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eines der Wirtsgitter mit mehreren Chromophoren dotiert ist.
- 10     8.      Wertdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eines der Wirtsgitter durch einen Mischkristall gebildet ist.
- 15     9.      Wertdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 8, **durch gekennzeichnet**, dass der erste und der zweite Lumineszenzstoff auf Basis unterschiedlicher Wirtsgitter gebildet sind, die ein verschieden starkes Kristallfeld aufweisen und die jeweils mit demselben Dotierstoff dotiert sind.
- 20     10.     Wertdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der genannte Teilbereich, in dem sich die Emissionsspektren des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs ergänzend überlappen, eine Breite von 200 nm oder weniger, bevorzugt von 100 nm oder weniger aufweist.
- 25     11.     Wertdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der genannte Teilbereich, in dem sich die Emissionsspektren des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs überlappen, von etwa 850 nm bis etwa 970 nm, oder von etwa 920 nm bis etwa 1060 nm, oder von etwa 1040 nm bis etwa 1140 nm, oder von etwa 1100 nm bis etwa

- 17 -

1400 nm, bevorzugt von etwa 1100 nm bis etwa 1250 nm, besonders bevorzugt von etwa 1120 bis etwa 1220 nm, oder von etwa 1300 nm bis etwa 1500 nm, oder von etwa 1400 nm bis etwa 1700 nm erstreckt.

5    12.    Werdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste und der zweite Lumineszenzstoff in dem genannten Teilbereich jeweils wenigstens eine Emissionslinie aufweisen, deren Positionen einen Abstand von etwa 30 nm oder weniger, bevorzugt von etwa 20 nm oder weniger, besonders bevorzugt von etwa 10 nm  
10    oder weniger aufweisen.

13.    Werdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Codierung einen weiteren Lumineszenzstoff enthält, der zumindest eine Emissionslinie außerhalb des genannten Teilbereichs aufweist.  
15

14.    Werdokument nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Emissionslinie außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegt, wobei die Emissionslinie bevorzugt im infraroten Spektralbereich  
20    oberhalb von 1100 nm liegt.

15.    Werdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Codierung mehrere Paare einander zugeordneter Lumineszenzstoffe, wie in den Ansprüchen 1 bis 14 angegeben,  
25    aufweist.

16.    Werdokument nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

Teilbereiche, in denen das Emissionsspektrum des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs eines Paares einander ergänzend überlappen, für verschiedene Paare einander zugeordneter Lumineszenzstoffe verschieden sind.

5 17. Werdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Lumineszenzstoffe auf das Werdokument aufgedruckt ist.

10 18. Werdokument nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Lumineszenzstoffe in einer Druckfarbe gemeinsam auf das Werdokument aufgedruckt sind.

15 19. Werdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Werdokument als Substrat ein bedrucktes oder unbedrucktes Baumwollpapier umfasst.

20 20. Werdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Werdokument als Substrat eine bedruckte oder unbedruckte Kunststofffolie umfasst.

21. Werdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Lumineszenzstoffe in das Volumen des Werdokuments, insbesondere des Werdokumentsubstrats eingebracht ist.

25 22. Werdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Paar oder die Paare einander zugeordneter Lumineszenzstoffe in geometrisch angeordneten Bereichen auf oder in dem Werdokument vorliegen.



23.     Wertdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Paar einander zugeordneter Lumineszenzstoffe eine Codierung auf oder in dem Wertdokument bildet.
- 5     24.     Wertdokument nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Codierung eine Information über das Wertdokument darstellt, wobei die Information verschlüsselt oder unverschlüsselt vorliegt.
- 10     25.     Verfahren zur Herstellung eines Wertdokument nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Wertdokument mit zumindest einem Paar einander zugeordneter Lumineszenzstoffe versehen wird, welche in einem gemeinsamen, außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegenden Emissionsbereich emittieren, wobei die Emissionsspektren des ersten und zweiten Lumineszenzstoffs in wenigstens einem Teilbereich
- 15     des genannten Emissionsbereichs derart überlappen, dass das Emissionsspektrum des ersten Lumineszenzstoffs durch das Emissionsspektrum des zweiten Lumineszenzstoffs ergänzt wird.
- 20     26.     Verfahren zur Herstellung eines Wertdokument nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Lumineszenzstoffe dem Wertdokument bei der Papierherstellung zugesetzt wird.
- 25     27.     Verfahren zur Herstellung eines Wertdokument nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Lumineszenzstoffe einer Druckfarbe zugesetzt und mit der Druckfarbe auf das Wertdokument aufgebracht wird.
28.     Verfahren zur Herstellung eines Wertdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest

- 20 -

einer der Lumineszenzstoffe durch einen Beschichtungsprozess auf das  
Wertdokument aufgebracht wird.

29. Verfahren zur Herstellung eines Wertdokument nach wenigstens ei-  
5 nem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest  
einer der Lumineszenzstoffe durch entsprechend präparierte Melierfasern  
bei der Papierherstellung zugeführt wird.

30. Verfahren zur Herstellung eines Wertdokument nach wenigstens ei-  
10 nem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest  
einer der Lumineszenzstoffe durch einen entsprechend präparierten Sicher-  
heitsfaden oder Sicherheitsstreifen bei der Papierherstellung zugeführt wird.

31. Verfahren zur Herstellung eines Wertdokument nach wenigstens ei-  
15 nem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest  
einer der Lumineszenzstoffe durch ein entsprechend präpariertes selbsttra-  
gendes Transferelement, wie ein Patch oder Etikett, auf das Wertdokument  
aufgebracht, insbesondere aufgeklebt wird.

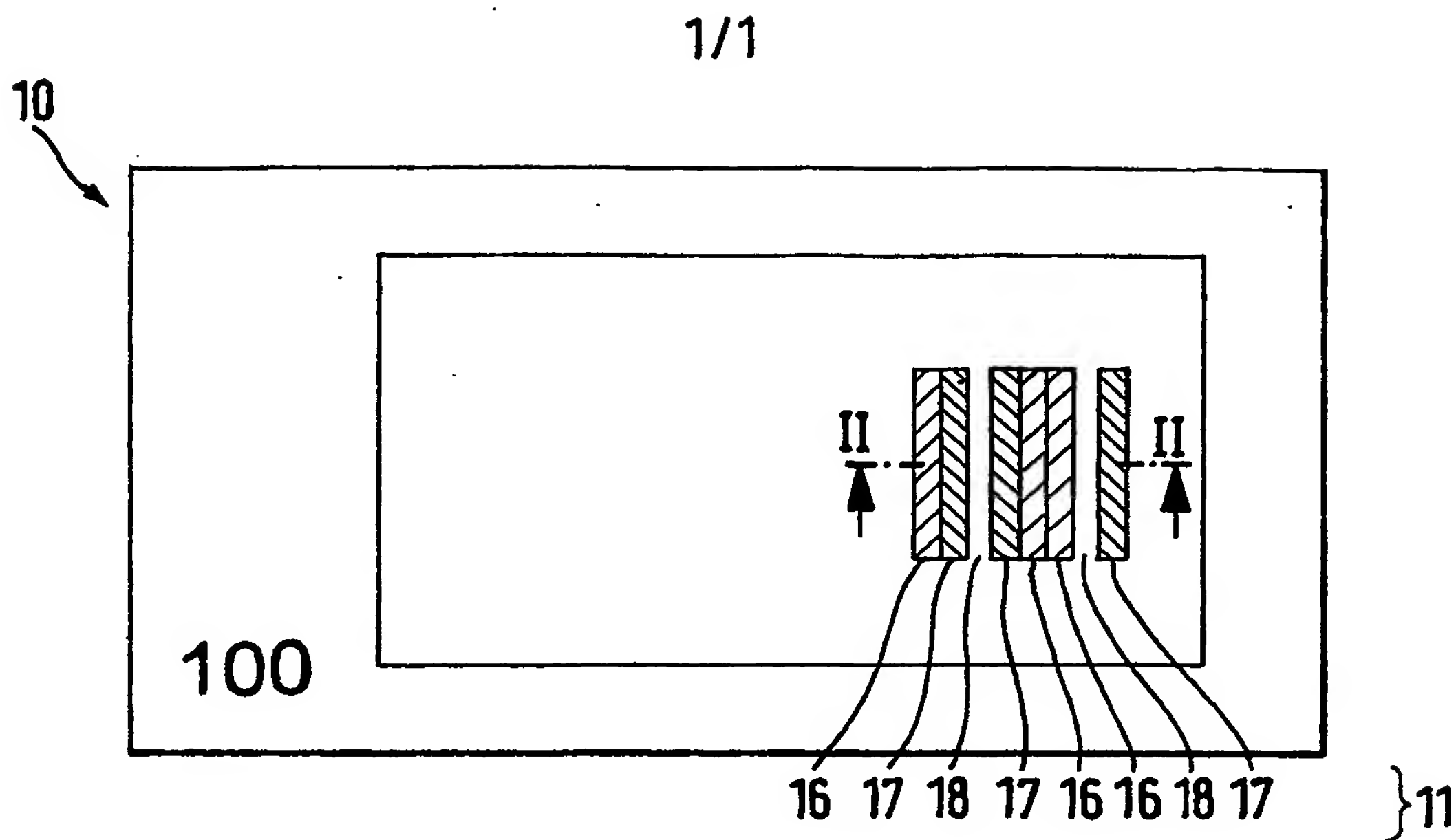


FIG. 1

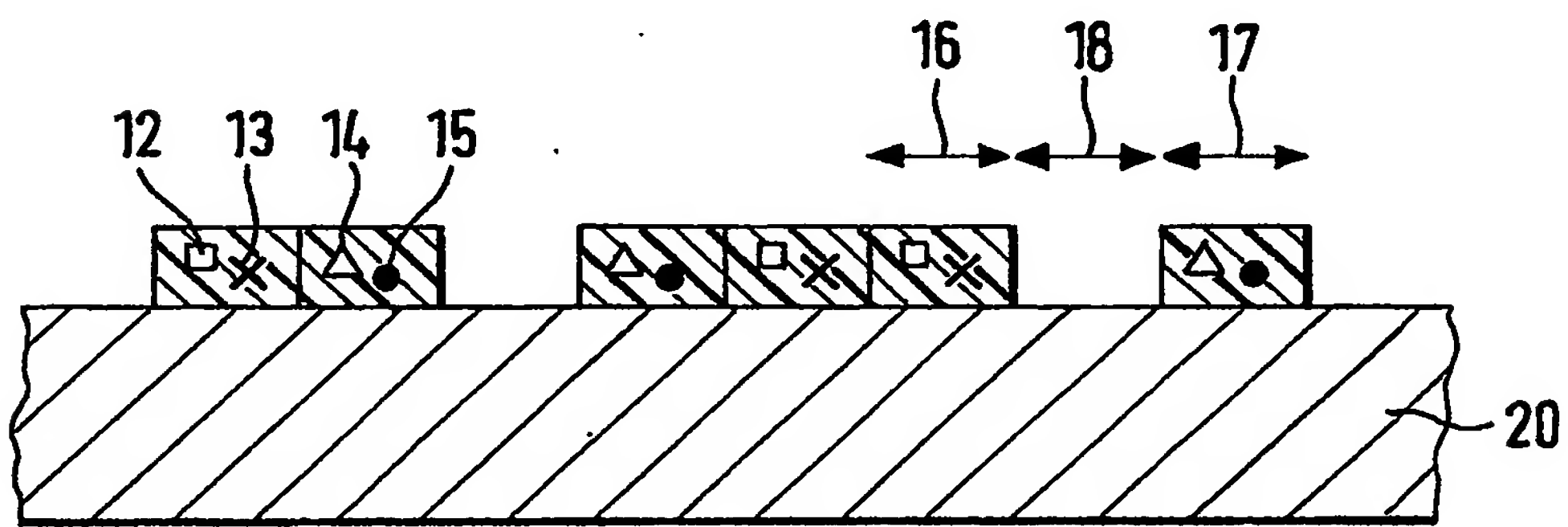


FIG. 2

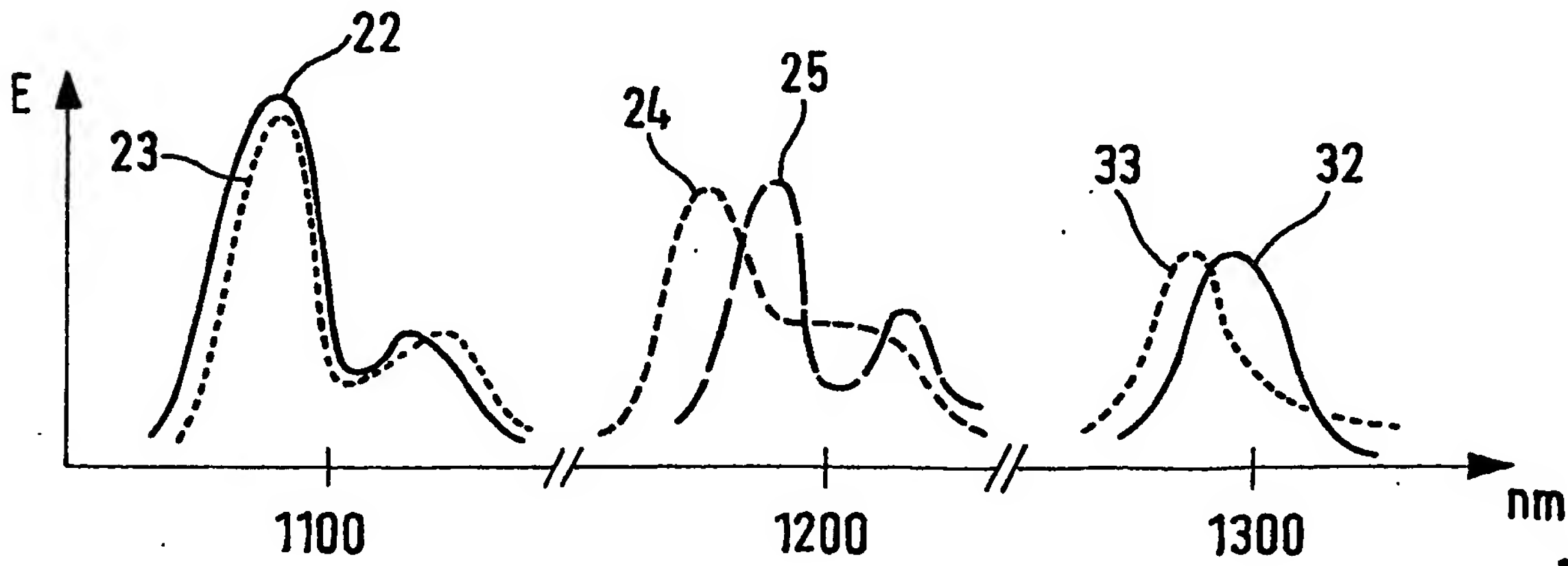


FIG. 3